Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 1, Spring. 2021, p. 33-47

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۴۷-۳۳

مقاله پژوهشی

تأثیر دور آبیاری، اسید هیومیک و محلول‌پاشی متانول بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

سید غلامرضا موسوی[1]*، حامد جوادی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶

چکیده

با هدف بررسی امکان افزایش کارایی مصرف آب و تحمل به کم‌آبی با کاربرد اسید هیومیک و محلول‌پاشی متانول و نیز تأثیر استفاده از این مواد در سطوح مختلف آبیاری بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی کاسنی آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. در این پژوهش، دور آبیاری در سه سطح (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) به‌عنوان فاکتور اصلی، محلول‌پاشی با متانول در دو سطح (صفر و ۲۱ درصد حجمی) و اسید هیومیک با دو سطح (صفر و ۱۰ لیتر در هکتار) به‌عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد برهمکنش دور آبیاری و محلول‌پاشی متانول بر ارتفاع بوته، تعداد آکن در گیاه، تعداد دانه در گیاه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب دانه و برهمکنش دور آبیاری و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه کاسنی در تیمارهای محلول‌پاشی متانول (۵۷/۲ گرم در متر مربع) و کاربرد اسید هیومیک (۵۵/۵ گرم در متر مربع) در شرایط آبیاری مطلوب حاصل شد، اما بیشترین کارایی مصرف آب دانه کاسنی از محلول‌پاشی متانول و در شرایط تنش متوسط کم‌آبی حاصل شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه کاسنی می‌توان از آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر و محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول یا کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک در منطقه بیرجند استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تعداد آکن، تنش کم‌آبی، کارایی مصرف آب، مواد بهبوددهنده آلی و شیمیایی

مقدمه

کاسنی (*Cichorium intybus* L.) گیاهی یک‌ساله و یکی از گیاهان دارویی مهم خانواده Asteraceae است (Mehmood *et al*., 2012). بخش‌های مختلف این گیاه به‌ویژه ریشه و برگ‌های آن اثر مقوی معده و صفرابر دارد و از آن به‌عنوان اشتهاآور، مقوی قلب، تسکین سیستم عصبی، کاهش کلسترول و قند خون استفاده می‌شود. دانه کاسنی به‌عنوان یکی از بخش‌های مورد استفاده گیاه در طب هند، برای درمان بیماری‌های کبدی و اسهال کاربرد دارد (Mehmood *et al*., 2012; Shahani *et al*., 2015). با توجه به نیاز روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی، یکی از مسائل مهمی که در کشت و کار آن‌ها باید مورد توجه قرار گیرد، تأمین بذر مورد نیاز این گیاهان و به‌کارگیری روش‌های مناسب برای افزایش تولید بذر آن‌ها در واحد سطح می‌باشد.

یکی از عوامل اقلیمی که بر توزیع و پراکنش گیاهان دارویی در سراسر جهان مؤثر است آب قابل‌دسترس می‌باشد. کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات جدی به رشد و نمو و همچنین عملکرد آن‌ها وارد نماید. تنش خشکی از طریق کاهش توسعه برگ و شاخص سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش سنتز کلروفیل سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد. در شرایط تنش خشکی، مواد فتوسنتزی محدود شده، در نتیجه رشد و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (Rezaienia *et al*., 2017). در تحقیقی که به‌منظور بررسی چهار سطح آبیاری ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع در کاسنی انجام شد، با افزایش تنش کم‌آبی ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته کاسنی کاهش یافت. همچنین در تیمار ۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع نسبت به آبیاری کامل عملکرد بیولوژیک ۵۹/۸ درصد کاهش و کارایی مصرف آب کاسنی ۵۶/۲ درصد افزایش داشت (Foaadeini *et al*., 2015). نتایج تحقیقی دوساله در خصوص سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) نشان داد که با کاهش آبیاری از ۹۰ درصد به ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته و بیوماس کاهش یافت (Oveysi Omran *et al*.,

۱- دانشیار گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
۲- استادیار گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: s_reza1350@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.37115.0

2020). در مطالعه‌ای دیگر که به منظور بررسی سه سطح آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) انجام شد، با افزایش دور آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در متر مربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به‌ترتیب ۲۶/۶، ۴۹/۵، ۳۹/۶ و ۷۹/۳ درصد کاهش یافت (Mousavi *et al*., 2012).

تنش خشکی به علت کاهش دی‌اکسید کربن داخلی برگ‌ها و افزایش تنفس نوری موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی سه کربنه می‌شود (Amraei *et al*., 2017). استفاده از موادی مانند متانول با خواص تعدیل‌کنندگی تنش می‌تواند تا حدی جبران‌کننده کاهش عملکرد حاصل از خشکی باشد (Downie *et al*., 2004). برخی تحقیق‌ها در سال‌های اخیر نشان داده است که رشد و عملکرد گیاهان سه کربنه با محلول‌پاشی متانول افزایش پیدا می‌کند و متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای این گیاهان محسوب می‌شود. جلوگیری و یا کاهش تنفس نوری ناشی از تنش‌های القاءشده به گیاهان، تأخیر در پیری برگ‌ها و افزایش دوره فعال فتوسنتزی و دوام سطح برگ و افزایش تثبیت CO_2 از جمله نقش‌های کاربرد متانول در گیاهان می‌باشد (Ramirez *et al*., 2006). در تحقیقی، استفاده از متانول ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه، وزن خشک کل، تعداد گل، وزن هزار دانه، وزن بذر گیاه سرخارگل را افزایش داد (Khosravi *et al*., 2011). نتایج تحقیقی در خصوص خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) نشان داد که محلول‌پاشی با متانول ۴۰ درصد حجمی ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه فرعی بوته، وزن خشک بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را افزایش داد (Azimi and Nejatzadeh, 2020). در تحقیقی دیگر محلول‌پاشی با متانول ۴۰ درصد حجمی موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن خشک برگ و ساقه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شد (Moghaddam *et al*., 2017). نتایج مطالعه‌ای در خصوص بادرشبو (*Dracocephlum moldavica* L.) نشان داد که محلول‌پاشی با متانول ۳۰ درصد حجمی بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن خشک اندام‌های هوایی داشت (Ramroudi *et al*., 2017).

تغذیه مطلوب گیاهی نیز یکی از روش‌های مؤثر در توانمندسازی گیاهان در مقابله با شرایط تنش کم‌آبی معرفی شده و اسید هیومیک یکی از مواد آلی پراهمیت در کاهش اثرات ناشی از تنش شناخته شده است (Chang *et al*., 2002). اسیدهای هیومیک در فعال کردن میکروارگانیسم‌های موجود در خاک کمک زیادی می‌کنند. میکرو هیومات‌ها در مناطق کم‌آب و نسبتاً خشک به گیاه کمک می‌کنند تا در طول دوره رشد توانایی جذب زیادی را داشته باشند (Oveysi and Ghoshchi, 2012) و امروزه مصرف این ماده به‌عنوان عامل بهبوددهنده رشد و نمو گیاه و خصوصیات خاک مطرح می‌باشد. طبق نظر بالاکونباهان و راجامانی (Balakunbahan and Rajamani, 2010) اسید هیومیک رشد گیاهان را از طریق تغییر فیزیولوژی گیاه و با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تغییر می‌دهد. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد اسید هیومیک با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و جذب بهتر آب و مواد غذایی موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Nasooti *et al*., 2011). نتایج تحقیقی نشان داد که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش تحریک رشد سبزینه‌ای و ارتفاع بوته در کاسنی معمولی گردید (Valdrighi *et al*., 1996). در تحقیقی دیگر چهار سطح صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ کیلو گرم در هکتار اسید هیومیک در کاسنی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که بیشترین بیوماس از ۰/۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (Gholami *et al*., 2018). نتایج تحقیقی نشان داد که استفاده از اسید هیومیک در تمام سطوح آبیاری موجب افزایش عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیک در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) شد (Farhadi *et al*., 2018).

با توجه به این‌که ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است و از طرفی دیگر تحقیق در زمینه گیاهان دارویی به دلیل استفاده از این گیاهان در صنایع دارویی و غذایی ضرورت دارد، لذا استفاده از روش‌هایی که بتواند تحمل این گیاهان را در شرایط تنش خشکی افزایش دهد اهمیت دارد. بنابراین، این تحقیق با هدف تأثیر کاربرد مواد بهبوددهنده آلی و شیمیایی بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه کاسنی در شرایط تنش خشکی در منطقه بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا اجرا شد. محل آزمایش از نظر اقلیمی بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه جزء مناطق خشک می‌باشد. میانگین ۱۵ ساله بارندگی این منطقه ۱۷۶ میلی‌متر، حداکثر دمای آن ۳۹/۱، حداقل دما ۱۷- و متوسط دمای روزانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. نمونه‌برداری از خاک مزرعه پس از تسطیح زمین و قبل از ایجاد فارو (جوی-پشته) و کوددهی انجام شد و برای این منظور ۹ نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از قسمت‌های مختلف زمین برداشت و پس از مخلوط کردن آن‌ها یک نمونه یک کیلوگرمی به آزمایشگاه منتقل گردید. نتایج تجزیه خاک منطقه مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤
Table 1- Results of soil analysis at 0-30 cm depth in the growing season 2015-2016

بافت خاک Texture	هدایت الکتریکی EC (dS. m^{-1})	اسیدیته pH	نیتروژن N (%)	فسفر قابل دسترس P ava (ppm)	پتاسیم قابل دسترس K ava (ppm)
لوم (Loam)	3.23	8.2	0.033	6.8	133

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش، دور آبیاری در سه سطح (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) به‌عنوان فاکتور اصلی، محلول‌پاشی با متانول در دو سطح (صفر و ۲۱ درصد حجمی) و اسید هیومیک بـا دو سـطح (صـفر و ۱۰ لیتر در هکتار) به‌عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شد. طول هـر کرت آزمایشی ۵ متر، تعداد خطوط کاشـت ۴ خـط و فواصـل خطـوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین دو تکرار حدود ۱۵۰ سـانتی‌متـر، فاصله بین کرت‌های اصلی و فرعی به‌ترتیب چهار و دو خـط نکاشـت بود.

زمین سال قبل آیش بود و عملیات آماده‌سـازی بسـتر کاشـت در اواسط فروردین انجام گرفت. بر اساس نتـایج تجزیـه خـاک، قبـل از کاشت مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپـل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به خاک اضافه شد. کود اوره نیز به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت (۵۰ درصد پس از عملیـات تنک و ۵۰ درصد دیگر در شروع گلدهی) و به صورت سرک به بوته‌ها داده شد. بذور تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان قبـل از کاشـت با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شـدند و در ۲۷ اردیبهشت در عمق حدود ۲ تا ۳ سانتی‌متر خاک کشت گردیـد. پس از سبز شدن گیاه، عملیات تنک در هر خط کاشت در مرحله چهار برگی و با رعایت فاصله بین بوته ۱۵ سانتی‌متر برای رسیدن به تراکم نهایی ۱۳۳ هزار بوته در هکتار انجام شـد (Zarei *et al*., 2014). در این آزمایش، آبیاری با کمـک سیسـتم تحـت فشـار و بـا اسـتفاده از شیلنگ و کنتور در هر کرت انجام گرفت. اعمال تیمارهای تـنش کـم آبی پس از استقرار گیاهان (مرحله ۴ تا ۵ برگه شدن) انجام شد. حجم آب داده شده در کل دوره رشـد کاسـنی بـر اسـاس تیمارهـای تـنش اعمال شده به‌ترتیب ۱۱۲۰۰، ۵۶۰۰ و ۳۷۵۰ متر مکعب در هکتار بود. مبارزه با علف‌های هرز نیز در طی دوره رشـد کاسـنی در سـه نوبـت به‌صورت وجین دستی انجام شد.

در این تحقیق، از آب آبیاری به‌عنوان حلال متانول استفاده شد و به هر یک از مقادیر مصرف متانول، مقدار ۲ گرم در لیتر گلیسین جهت جلوگیری از صدمات ناشی از سمیت متانول اضافه شد. همچنین جهت بهبود و افزایش چسبندگی محلول متـانول، مقـدار یـک گـرم در لیتـر توئین ۸۰ به‌عنوان مویان اسـتفاده شـد (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007). محلول‌پاشی سه نوبت در طی فصل رشـد گیـاه صـورت گرفت. اولین محلول‌پاشی طی مرحله رشـد رویشـی در فاصـله شـش هفته پس از سبز شدن و محلول‌پاشی‌های بعدی به فاصـله دو هفتـه انجام شد و شاهد نیز با آب معمولی محلول‌پاشی شد (Hossinzadeh *et al*., 2013). تیمار کاربرد اسید هیومیک نیز در دو نوبت با فواصـل زمانی حدود ۱۵روز پس از تنک نهایی بوته‌ها (یک ماه پس از کاشت) و به‌صورت مصرف در آب آبیاری انجام شد. برای ایـن منظـور مقـدار لازم از اسید هیومیـک مـایع را در آب معمـولی ریختـه و بـه‌صـورت محلول در آب درآورده و پس از قطع آبیاری درون جوی‌ها ریخته شد.

برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی شـامل ارتفـاع بوتـه، قطـر ساقه و تعداد انشـعابات سـاقه اصـلی در هـر کـرت بـا حـذف اثـرات حاشیه‌ای تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. بـه منظـور محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد در هر کـرت از قسـمت میـانی بـه مساحت ۲ متر مربع برداشت شد و پس از برداشت بوتـه‌هـا از سـطح زمین و شمارش تعداد بوته و آکن‌هـا، عملیـات بوجـاری بـذور انجـام گرفت تا تعداد آکن و دانـه در واحـد بوتـه، عملکـرد دانـه و عملکـرد بیولوژیک محاسبه گردد. یک نمونـه ۱۰۰۰ تـایی بـذر خـالص از هـر کرت به‌طور تصادفی جدا و جهت تعیـین وزن هـزار دانـه بـا تـرازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. کارایی مصرف آب بـرای دانـه نیز از تقسیم عملکرد دانه به میزان آب مصرفی در واحد سطح به‌دست آمد. در پایان تجزیه داده‌های جمع‌آوری شده برای هر یک از صـفات با استفاده از نـرم‌افـزار MSTAT-C و مقایسـه میـانگین تیمارهـا بـا استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده آبیـاری ارتفـاع بوتـه، قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی کاسنی را در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار داد. اثر ساده متانول بر ارتفاع بوته و اثـر سـاده اسـید هیومیک بر ارتفاع بوته و قطر ساقه کاسـنی معنـی‌دار شـد. همچنـین ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات متقابل آبیاری× متانول، آبیاری× اسید هیومیک و اسید هیومیک× متانول قرار گرفـت (جـدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و متانول بیـانگر آن اسـت که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته با میانگین‌هـای بـه‌ترتیـب ۹۰/۲ و ۶۱/۷ سانتی‌متر در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد متـانول و تیمـار تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و عدم کاربرد متانول به‌دست آمد. هرچند در سطوح آبیاری پس از ۷۰ و ۱۴۰

میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته کاسنی با کاربرد متانول مشاهده شد اما در شرایط تنش شدید کم‌آبی کاربرد متانول نتوانست تغییر معنی‌داری را در این صفت باعث گردد (جدول ۳). رمرودی و همکاران (Ramroudi *et al.*, 2017) گزارش کردند که آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با تیمار آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، کاهش ۴۲ درصدی ارتفاع بوته کاسنی را به دنبال داشت. طاهری اصغری و همکاران (Taheri Asghari *et al.*, 2009) نیز کاهش ۲۰ درصدی ارتفاع بوته کاسنی را با افزایش دور آبیاری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی گزارش دادند. در تحقیقی به‌منظور بررسی چهار سطح آبیاری ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع در کاسنی انجام شد، با افزایش تنش کم آبی ارتفاع بوته کاهش یافت (Foaadeini *et al.*, 2015). نتایج تحقیقی دوساله در خصوص سرخارگل نشان داد که با کاهش آبیاری از ۹۰ درصد به ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی ارتفاع بوته کاهش یافت (Oveysi Omran *et al.*, 2020). در تحقیقی، استفاده از متانول ارتفاع بوته سرخارگل را افزایش داد (Khosravi *et al.*, 2011). نتایج تحقیقی در خصوص خاکشیر نشان داد که محلول‌پاشی با متانول ۴۰ درصد حجمی ارتفاع بوته را افزایش داد (Azimi and Nejatzadeh, 2020). به نظر می‌رسد در شرایط تنش شدید کم‌آبی، عدم دسترسی ریشه گیاه به آب کافی و کاهش هدایت روزنه‌ای ناشی از بسته شدن روزنه‌ها (Lack, 2013)، سبب ناکارآمدی محلول‌پاشی متانول در تولید ماده خشک بیشتر و اختصاص آن به رشد رویشی گیاه شده باشد و از این‌رو ارتفاع بوته در این شرایط تنش شدید کم‌آبی با کاربرد متانول افزایش معنی‌داری پیدا نکرد.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته کاسنی با میانگین‌های به‌ترتیب ۸۹/۹ و ۶۰/۸ سانتی‌متر در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد اسید هیومیک و تیمار تنش شدید کم‌آبی و عدم کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد. لازم به ذکر است که در همه سطوح آبیاری افزایش معنی‌دار این صفت با کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۳). کول‌کارنی و همکاران (Kulkarni *et al.*, 2014) معتقدند که کاربرد هیومیک اسید، با بهبود رشد ریشه منجر به کاهش تلفات آب شده و موجب بهبود کارآیی آبیاری شده به‌طوری که افزایش میزان سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز در شرایط کمبود آب در مقادیر بیشتر هیومیک اسید عمدتاً منجر به توسعه ریشه می‌شود و توسعه ریشه می‌تواند به دلیل کاهش تخریب ساختارهای تولیدکننده دیسموتاز و کاتالاز باشد. به نظر می‌رسد کاربرد هیومیک اسید انتقال آب از ریشه به اندام‌های هوایی را افزایش داده (Khaled and Fawy, 2011) و کاهش شدت اثر تنش کمبود آب را به همراه دارد. صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2010) نیز معتقدند که عناصری مانند پتاسیم، کلسیم و فسفر در رشد و نمو گیاه دخالت دارد و از آن‌جایی که هیومیک اسید خاصیت شبه‌هورمونی دارد، باعث افزایش حجم ریشه و در نتیجه افزایش امکان جذب عناصر غذایی مذکور و رشد طولی گیاه در شرایط تنش کم‌آبی می‌شود.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل متانول و اسید هیومیک بیانگر آن است که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته با میانگین‌های به‌ترتیب ۷۸/۶ و ۶۹/۹ سانتی‌متر در تیمار محلول‌پاشی متانول و کاربرد اسید هیومیک و تیمار شاهد (عدم کاربرد متانول و اسید هیومیک) به‌دست آمد. لازم به ذکر است که در شرایط محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی متانول افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته با کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد اما تیمارهای عدم محلول‌پاشی متانول و کاربرد اسید هیومیک و محلول‌پاشی متانول و عدم کاربرد اسید هیومیک از نظر صفت مذکور با هم تفاوت آماری نداشتند (جدول ۳). به‌عبارتی می‌توان گفت که هرچند کاربرد توأم متانول و اسید هیومیک اثر سینرژیستی در افزایش ارتفاع بوته کاسنی را باعث شد، اما کاربرد مستقل هر یک از این مواد تأثیر یکسانی بر افزایش این صفت داشت. می‌توان گفت محلول‌پاشی متانول از طریق کاهش تنفس نوری و افزایش احیای دی‌اکسید کربن و توان فتوسنتزی گیاه (Zbiec *et al.*, 2003) و کاربرد اسید هیومیک به علت افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی (Nardi *et al.*, 2002) باعث افزایش قدرت منبع و در نهایت بهبود ارتفاع گیاه شده است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی گردید، به‌طوری‌که آبیاری پس از ۲۱۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی نسبت به آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، قطر ساقه را به‌ترتیب ۳۰/۶ و ۹/۵ درصد و تعداد انشعابات ساقه اصلی را به‌ترتیب ۴۶ و ۱۵/۶ درصد کاهش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که تنش کم‌آبی از طریق تأثیر بر آنزیم‌های مؤثر در فرآیند فتوسنتز، بستن منفذ روزنه‌ها و کاهش سطح برگ و نهایتاً کاهش جذب دی‌اکسید کربن و میزان فتوسنتز (Moussavi-Nik *et al.*, 2012)، باعث کاهش قدرت منبع شده و در نتیجه پتانسیل رشدی گیاه را در مقایسه با شرایط دسترسی به آب، به‌طور معنی‌داری کاهش داده است. در تحقیقی که به منظور بررسی چهار سطح آبیاری ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع در کاسنی انجام شد، با افزایش تنش کم آبی تعداد شاخه جانبی در بوته کاسنی کاهش یافت (Foaadeini *et al.*, 2015). طاهری اصغری و همکاران (Taheri Asghari *et al.*, 2009) نیز کاهش ۴۸/۶ درصدی تعداد انشعابات ساقه کاسنی را با افزایش دور آبیاری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی گزارش دادند. نتایج تحقیقی دوساله در خصوص سرخارگل نشان داد که با کاهش آبیاری از ۹۰ درصد به ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، تعداد شاخه جانبی در بوته کاهش یافت (Oveysi Omran *et al.*, 2020).

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کاسنی تحت تأثیر سطوح آبیاری، متانول و اسید هیومیک

Table 2- Mean of squares for morphological traits, grain yield, yield components and water use efficiency of *Cichorium intybus* as affected by irrigation, methanol and humic acid levels

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد انشعابات ساقه اصلی Branches number per main stem	تعداد آکن در گیاه Aken number per plant	تعداد دانه در گیاه Seed number per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	کارایی مصرف آب دانه Grain-based water use efficiency
تکرار Replication	2	521.45^{ns}	73.4*	59.45^{ns}	489.2**	86460**	0.675*	396.89*	19871.37*	358.38**
آبیاری Irrigation (A)	2	7184.4**	254.52**	125.61**	13713.4**	3357517**	2.109**	4316.7**	50084.17**	1361.61**
خطای a E_a	4	388.86	8.23	5.054	130.9	6644	0.0752	45.16	2558.25	9.39
متانول Methanol (B)	1	887.4**	19.65^{ns}	4.64^{ns}	926.1**	221368**	0.98**	398.22**	17584.25**	1201.80**
اسید هیومیک Humic acid (C)	1	842.5**	18.54*	3.78^{ns}	547.8**	92420**	0.560**	587.47**	6581.63^{ns}	379.70**
B × A	2	598.24**	7.52^{ns}	2.46^{ns}	128.8**	20432**	0.0598^{ns}	267.38**	12033.09**	134.02**
C × A	2	6501.5**	6.23^{ns}	2.54^{ns}	28.5^{ns}	6823^{ns}	0.042^{ns}	225.6**	9586.12*	10.72^{ns}
C × B	1	834.98**	5.38^{ns}	3.58^{ns}	2.6^{ns}	613^{ns}	0.0321^{ns}	21.89^{ns}	3353.16^{ns}	2.14^{ns}
C × B × A	2	158.42^{ns}	8.7^{ns}	2.065^{ns}	4.7^{ns}	91^{ns}	0.0145^{ns}	29.78^{ns}	3528.55^{ns}	33.84^{ns}
خطای b E_b	18	51.23	2.45	1.12	32.9	929	0.020	15.6	1779.25	17.67
ضریب تغییرات CV (%)	–	9.5	14.7	19.8	6.3	5.4	6.5	12.5	16.6	8.6

*، ** و ns به‌ترتیب به مفهوم معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ^{ns} means significant at %5 and %1 probability levels, and non-significant, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل برخی صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد کاسنی تحت تأثیر سطوح آبیاری، متانول و اسید هیومیک

Table 3- The means comparison for some morphological traits and yield components of *Cichorium intybus* as affected by irrigation, methanol and humic acid levels

تیمار Treatment		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد آکن در گیاه Aken number per plant	تعداد دانه در گیاه Seed number per plant	عملکرد دانه Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($g.m^{-2}$)	کارایی مصرف آب دانه water use efficiency of seed ($g.m^{-3}$)
متانول × آبیاری Irrigation (mm of cumulative evaporation from the evaporation pan) × Methanol (%V/V)							
70	0	85.5 b	114.6 b	1417.5 b	47.8 b	367.5 b	46.9 c
	21	90.2 a	129.5 a	1644.3 a	57.2 a	423.4 a	56.1 b
140	0	72.4 d	89.9 d	926.12 d	24.8 d	207.0 d	48.5 c
	21	79.2 c	101.3 c	1103.9 c	34.1 c	277.8 c	66.7 a
210	0	61.7 e	52.8 e	440.2 e	11.3 e	113.8 e	33.3 e
	21	61.8 e	57.1 e	506.0 e	13.7 e	134.0 e	40.4 d
هیومیک اسید × آبیاری Irrigation (mm of cumulative evaporation from the evaporation pan) × Humic acid (L. ha^{-1})							
70	0	84.4 b	ns	ns	49.4 b	375.8 b	ns
	10	89.9 a	ns	ns	55.5 a	415.1 a	ns
140	0	72.7 d	ns	ns	27.2 d	226.0 d	ns
	10	78.9 c	ns	ns	31.6 c	258.8 c	ns
210	0	60.8 f	ns	ns	11.7 e	117.8 e	ns
	10	63.6 e	ns	ns	13.3 e	117.8 e	ns
هیومیک اسید × متانول Methanol (%V/V) × Humic acid (L. ha^{-1})							
0	0	69.9 c	ns	ns	ns	ns	ns
	10	76.5 b	ns	ns	ns	ns	ns
21	0	75.4 b	ns	ns	ns	ns	ns
	10	78.6 a	ns	ns	ns	ns	ns

میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ ٪ هستند.

Means followed by the same letters in each column are not significant according to Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های صفات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کاسنی تحت تأثیر سطوح آبیاری، متانول و اسید هیومیک

Table 4- The means comparison for morphological traits, grain yield, yield components and water use efficiency of *Cichorium intybus* as affected by irrigation, methanol and humic acid levels

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	قطر ساقه اصلی Stem diameter (mm)	تعداد انشعابات اصلی Number of main branches	تعداد آکن در گیاه Aken number per plant	تعداد دانه در گیاه Seed number per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($g.m^{-2}$)	کارایی مصرف آب دانه Grain-based water use efficiency ($g.m^{-3}$)
آبیاری Irrigation (mm of cumulative evaporation from the evaporation pan)									
70	87.17 a	12.31 a	6.72 a	122.1 a	1530.9 a	2.62 a	52.52 a	395.47 a	51.4 b
140	75.84 ab	11.14 ab	5.67 ab	95.6 b	1015.0 b	2.21 b	29.49 b	242.45 b	57.5 a
210	62.38 b	8.53 b	3.63 b	54.9 c	473.1 c	1.69 c	12.53 c	123.97 c	36.8 c
متانول Methanol (%V/V)									
0	71.21 b	9.96 a	5.03 a	85.8 b	927.9 b	2.02 b	27.98 b	229.45b	42.8 b
21	79.06 a	11.37 a	5.65 a	95.9 a	1084.8 a	2.33 a	35.05 a	278.47 a	54.4 a
اسید هیومیک Humic acid ($L.ha^{-1}$)									
0	70.68 b	9.84 b	4.93 a	87.01 b	955.7 b	2.04 b	29.49 b	239.91 a	45.3 b
10	79.59 a	11.48 a	5.75 a	94.8 a	1057.0 a	2.31 a	33.54 a	268.02 a	51.8 a

میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ هستند.

Means followed by the same letters in each column are not significant according to Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

تحت تأثیر تنش کم‌آبی، کاهش معنی‌دار قطر ساقه و تعداد شاخه فرعی در گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نیز گزارش گردیده است (Behdani and Jami Al-Ahmadi, 2011). این محققین اظهار داشتند که احتمالاً با افزایش فواصل آبیاری، تعداد سلول‌های آغازین تشکیل شده جهت تولید انشعابات اولیه ساقه کاهش می‌یابد و در نتیجه تنش کم‌آبی به کاهش تعداد شاخه فرعی در گیاه می‌انجامد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار قطر ساقه گردید، به‌طوری‌که با کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک قطر ساقه ۱۶/۷ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی (Samavat and Malakuti, 2005) و بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی دخیل در جذب آب توسط ریشه و با تأثیر بر متابولیسم گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی (Nardi *et al*., 2002)، سبب افزایش قطر ساقه می‌شود.

اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده آبیاری، متانول و اسید هیومیک تعداد آکن در گیاه، تعداد دانه در گیاه و وزن هزار دانه کاسنی را در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار داد. همچنین اثر متقابل آبیاری × متانول تعداد آکن در گیاه و تعداد دانه در گیاه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اعمال آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی نسبت به آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، وزن هزار دانه را ۳۵/۵ درصد کاهش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد با قرار گرفتن گیاه در شرایط تنش کم‌آبی، جذب آب و مواد غذایی در گیاه مختل می‌شود و با کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و نیز تأثیر منفی تنش کم‌آبی بر هدایت روزنه‌ای، سطح برگ و فتوسنتز جاری (Lack, 2013)، در نهایت انتقال مواد فتوسنتزی از برگ و سایر اندام‌ها به دانه‌ها کاهش یافته و وزن هزار دانه کم می‌شود.

همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول باعث افزایش معنی‌دار و ۱۵/۳ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی متانول گردید (جدول ۴). به نظر می‌رسد که با مصرف متانول، رشد رویشی (جدول ۴) و احتمالاً سرعت فتوسنتزی زیاد و تخصیص مواد پرورده به سمت بخش زایشی و دانه‌های در حال پر شدن، افزایش یافته است و از این‌رو وزن هزار دانه کاسنی، افزایش معنی‌داری را داشته است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد گردید، به‌طوری‌که با کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک صفات تعداد آکن در گیاه، تعداد دانه در گیاه و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب ۸/۹، ۱۰/۶ و ۱۳/۲ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاربرد هیومیک اسید در آب آبیاری از طریق افزایش رشد رویشی (جدول ۴)، توان فتوسنتزی گیاه و قدرت منبع، در پر شدن مؤثرتر مخازن فیزیولوژیکی (دانه‌ها) و افزایش وزن هزار دانه و سایر اجزای عملکرد نقش مؤثری داشته است. اسید هیومیک با اثرات شبه‌هورمونی خود اثرات مفیدی در افزایش رشد گیاه و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه دارد و از این‌رو عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. این امر افزایش تعداد انشعابات ساقه و سطح برگ و به دنبال آن فتوسنتز گیاه شده (Nardi *et al*., 2002) و تجمع مواد پرورده در مقاصد (آکن و دانه) به میزان کافی صورت خواهد گرفت و در نهایت اجزای عملکرد افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد. مصرف اسید هیومیک وزن هزار دانه را در زیره سیاه (*Carum carvi L.*) نسبت به شاهد، ۲۱ درصد افزایش داد (Nourihoseini *et al*., 2016). افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (Rahimi *et al*., 2016) و آفتابگردان (Hatami, 2017) با کاربرد اسید هیومیک گزارش شده است. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al*., 2016) با بررسی اثر کاربرد هیومیک اسید بر اجزای عملکرد کلزا، افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه را با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم هیومیک اسید در لیتر گزارش کردند.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و متانول بیانگر آن است که بیشترین تعداد آکن و تعداد دانه در گیاه با میانگین‌های به‌ترتیب ۱۲۹/۵ و ۱۶۴۴/۳ عدد در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد متانول و کمترین آن‌ها با میانگین‌های به‌ترتیب ۵۲/۸ و ۴۴۰/۲ عدد در تیمار تنش شدید کم‌آبی و عدم کاربرد متانول به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کمبود آب خصوصاً طی مرحله گلدهی و گرده‌افشانی باعث خشک شدن و عقیمی دانه‌های گرده و کلاله مادگی شده (Ramak *et al*., 2008) و این مسئله نیز باعث اختلال در گرده‌افشانی می‌شود که در نهایت با توجه به تداوم کم‌آبی در طی دوره رشد این گیاه، کاهش قابل ملاحظه تعداد گل‌های بارور در بوته و در نتیجه کاهش معنی‌دار تعداد آکن در گیاه و تعداد دانه در گیاه را باعث می‌گردد. افزایش فراهمی رطوبت قابل دسترس برای گیاه سبب افزایش تعداد انشعابات ساقه (جدول ۴) و توسعه کانوپی گیاه شده، در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه می‌شود که این امر منجر به افزایش قدرت منبع و در نتیجه افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد دانه در گیاه کاسنی می‌گردد. نتایج تحقیق طاهری اصغری (Taheri Asghari, 2010) نیز کاهش ۳۸ درصدی تعداد آکن در بوته کاسنی را با افزایش دور آبیاری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی نشان داد. در مطالعه‌ای دیگر به منظور بررسی سه سطح آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در همیشه بهار انجام شد، با

افزایش دور آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در متر مربع به‌ترتیب ۲۶/۶ و ۴۹/۵ درصد کاهش یافت (Mousavi *et al*., 2012). از طرفی با مصرف ۲۱ درصد حجمی متانول، رشد رویشی (جدول ۴) و سرعت فتوسنتزی زیاد شده (Li *et al*., 1995) و احتمالاً تخصیص مواد پرورده به سمت بخش زایشی و دانه‌های در حال پر شدن، افزایش یافته است و از این‌رو تعداد دانه در گیاه و وزن هزار دانه کاسنی، افزایش معنی‌داری را داشته است. همچنین افزایش معنی‌دار تعداد انشعابات ساقه (جدول ۴)، شرایط لازم برای افزایش تعداد آکن در گیاه را فراهم کرده است. در تحقیقی، استفاده از متانول تعداد گل و وزن هزار دانه سرخارگل را افزایش داد (Khosravi *et al*., 2011). نتایج تحقیقی در خصوص خاکشیر نشان داد که محلول‌پاشی با متانول ۴۰ درصد حجمی تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام را افزایش داد (Azimi and Nejatzadeh, 2020). در شرایط تنش شدید کم‌آبی، احتمالاً با توجه به کاهش هدایت روزنه‌ای و سطح جذب (Fazeli Rostampour *et al*., 2013)، استفاده از متانول نتوانسته است تغییر محسوسی در توانایی تولید آکن در گیاه و نیز تولید دانه در گیاه داشته باشد و در این دور آبیاری هر دو سطح متانول از نظر صفات مذکور در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما با دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در دور آبیاری پس از ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و افزایش هدایت روزنه‌ای (باز بودن بیشتر روزنه‌ها) از یک‌سو و شرایط مطلوب‌تر جهت رشد و افزایش سطح جذب گیاه، جذب متانول به نحو مؤثرتری انجام شده و در نتیجه با افزایش کاربرد متانول از صفر به ۲۱ درصد حجمی، تعداد آکن در گیاه و تعداد دانه در گیاه در این دورهای آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). همچنین از آن‌جایی که تعداد دانه در گیاه از حاصل‌ضرب دو صفت تعداد آکن در گیاه و تعداد دانه در آکن به‌دست می‌آید و هر دو این صفات با افزایش کم‌آبی، کاهش و با کاربرد متانول افزایش پیدا می‌کند (جدول ۴)، افزایش معنی‌دار این صفت در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد متانول نسبت به سایر تیمارها و نیز افزایش معنی‌دار آن در سطوح آبیاری پس از ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر با کاربرد متانول (جدول ۳) قابل انتظار می‌باشد. خسروی (Khosravi, 2015) در پنبه گزارش نمود که تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول با میانگین ۹۴/۳ عدد بیشترین و تیمار آبیاری پس از ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی متانول با میانگین ۴۹/۹ عدد کمترین تعداد غوزه در مترمربع را به خود اختصاص دادند. نتایج بررسی آرمند و همکاران (Armand *et al*., 2016) نیز نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، کاربرد ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی متانول منجر به افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در گیاه لوبیا شد.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده آبیاری، متانول و اسید هیومیک، عملکرد دانه و اثرات ساده آبیاری و متانول عملکرد بیولوژیک کاسنی را در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار داد. همچنین اثرات متقابل آبیاری × متانول و آبیاری × متانول × اسید هیومیک، این صفات را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و متانول بیانگر آن است که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با میانگین‌های به‌ترتیب ۵۷/۲ و ۴۲۳/۵ گرم در مترمربع در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد متانول و کمترین آن با میانگین‌های به‌ترتیب ۱۱/۳ و ۱۱۳/۹ گرم در مترمربع در تیمار تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و عدم کاربرد متانول به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد هر چند کاربرد متانول در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط کم‌آبی (دورهای آبیاری پس از ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شده است اما در شرایط تنش شدید کم‌آبی (دور آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، احتمالاً با توجه به کاهش هدایت روزنه‌ای و سطح جذب (Fazeli Rostampour *et al*., 2013)، استفاده از متانول نتوانسته است تغییر محسوسی در این صفات داشته باشد و در این دور آبیاری هر دو سطح متانول در صفات مذکور در یک گروه آماری قرار گرفتند. این در حالی است که با دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در دور آبیاری پس از ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و احتمالاً افزایش هدایت روزنه‌ای (باز بودن بیشتر روزنه‌ها) از یک‌سو و شرایط مطلوب‌تر جهت رشد و افزایش سطح جذب گیاه، جذب متانول به نحو مؤثرتری انجام شده و در نتیجه با افزایش کاربرد متانول از صفر به ۲۱ درصد حجمی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در این دورهای آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). می‌توان گفت که در شرایط آبیاری کامل و تنش متوسط کم‌آبی، میزان فتوسنتز و تولید مواد پرورده نسبت به تیمار تنش شدید کم‌آبی افزایش می‌یابد و در این شرایط به علت باز بودن روزنه‌ها و جذب مؤثر متانول، کاربرد این ماده از طریق کاهش تنفس نوری (Zbiec *et al*., 2003)، تأخیر روند پیری برگ‌ها و افزایش دوام سطح برگ و هدایت روزنه‌ای (Hossinzadeh *et al*., 2013)، افزایش بیشتر توان فتوسنتزی گیاه، رشد رویشی، اجزای عملکرد و سرعت پر شدن دانه‌ها را باعث گردیده و در نهایت عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کاسنی را در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش داده است. این در حالی است که این روند تحت شرایط تنش شدید کم‌آبی به علت مسدود شدن روزنه‌ها دچار اختلال شده و نتیجه آن عدم جذب و کارایی کاربرد متانول بر افزایش این صفات بود. نتایج بررسی اثر محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر عملکرد دانه و

شاخص‌های رشد سویا توسط امرایی و همکاران (Omaraei *et al.*, 2017) نشان داد که محلول‌پاشی متانول بر عملکرد دانه، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک تأثیر معنی‌دار و مثبتی دارد و بیشترین عملکرد دانه از محلول‌پاشی متانول با ۲۱ درصد حجمی به‌دست آمد. همچنین محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بر افزایش نسبی تمامی شاخص‌های رشدی و عملکرد معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با میانگین‌های به‌ترتیب ۵۵/۶ و ۴۱۵/۱ گرم در مترمربع در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد اسید هیومیک و کمترین آن با میانگین‌های به‌ترتیب ۱۱/۷ و ۱۱۷/۸گرم در مترمربع در تیمار تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و عدم کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش تنش کم‌آبی در مرحله رشد رویشی و زایشی موجب کاهش جذب آب و املاح، کاهش میزان کلروفیل و رطوبت نسبی برگ (Lack, 2013) و در نتیجه کاهش رشد رویشی، فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده می‌شود و در مرحله پرشدن دانه‌ها از ارسال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها را کاهش داده و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد. این در حالی است که کاربرد اسید هیومیک شاخص کلروفیل و توان فتوسنتزی گیاه را خصوصاً در شرایط عدم وجود تنش شدید کم‌آبی، به‌طور معنی‌دار افزایش می‌دهد (Nardi *et al.*, 2002; Sanjari Mijani *et al.*, 2016). همچنین مولکول‌های اسید هیومیک با مولکول‌های آب، پیوندی تشکیل می‌دهد که تا حدود زیادی مانع تعرق آب می‌شود (Mirhajian, 2012) و با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، (Delfine and *et al.*, 2005) و افزایش ریشه‌دهی و دسترسی بیشتر به عناصر غذایی (Chang *et al.*, 2002)، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شده که نتیجه این اثرات مثبت، بهبود اجزای عملکرد و عملکردهای دانه و بیولوژیک کاسنی در شرایط عدم تنش شدید کم‌آبی بوده است.

کارایی مصرف آب دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده آبیاری، متانول و اسید هیومیک و همچنین اثر متقابل آبیاری × متانول کارایی مصرف آب برای تولید دانه را به‌طور معنی‌دار و در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک، کارایی مصرف آب دانه ۱۴/۳ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی و بهبود رشد ریشه (Samavat and Malakuti, 2005)، باعث افزایش در جذب آب توسط ریشه و عملکرد دانه (جدول ۴) و در نهایت افزایش کارایی مصرف آب دانه می‌شود.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و متانول بیانگر آن است که بیشترین کارایی مصرف آب دانه با میانگین ۶۶/۷ گرم بر متر مکعب در تیمار تنش متوسط کم‌آبی (آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و کاربرد متانول به‌دست آمد که از برتری معنی‌دار و ۲ برابری نسبت به تیمار تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و عدم کاربرد متانول برخوردار بود. همچنین اگرچه در شرایط عدم کاربرد متانول بین سطوح آبیاری بدون تنش و تنش متوسط کم‌آبی تفاوت معنی‌داری از نظر کارایی مصرف آب دانه مشاهده نشد، اما کاربرد متانول در شرایط تنش متوسط کم‌آبی باعث شد تا کارایی مصرف آب دانه از برتری ۱۸/۹ درصدی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب برخوردار گردد (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت این موضوع را در شرایط تنش متوسط کم‌آبی، می‌توان به کاهش آب مصرفی و نیز نقش مؤثر کاربرد متانول در کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی و حفظ توان فتوسنتزی آن که در نهایت منجر به افزایش قابل ملاحظه عملکرد دانه کاسنی می‌گردد، مربوط دانست. به عبارتی کاربرد متانول در شرایط تنش متوسط کم‌آبی، نقش مؤثرتری در بهبود عملکرد و در نتیجه کارایی مصرف آب ایفا می‌کند. همچنین افزایش کارایی مصرف آب برای تولید دانه با کاربرد متانول را چه در شرایط آبیاری مطلوب و چه در شرایط تنش متوسط و شدید کم‌آبی (نسبت به عدم کاربرد متانول) می‌توان به برتری عملکرد دانه در سطوح مختلف آبیاری در شرایط کاربرد متانول مربوط دانست. با این وجود باید توجه داشت که کاهش عملکرد دانه در تنش شدید کم‌آبی نسبت به آبیاری مطلوب چه در شرایط کاربرد و چه در شرایط عدم کاربرد متانول (جدول ۳) باعث گردید که با وجود کاهش آب مصرفی در تیمارهای تنش شدید کم‌آبی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد متانول، کارایی مصرف آب برای تولید دانه به مقدار زیادی در این تیمارها کاهش یابد (جدول ۳). به نظر می‌رسد تحت شرایط تنش متوسط کمبود آب، بسته شدن جزئی روزنه‌ها تعرق را بیشتر از فتوسنتز کاهش داده و در نتیجه کارآیی مصرف آب افزایش می‌یابد، اما در تنش شدید بسته شدن کامل روزنه‌ها رخ داده و کارآیی مصرف آب به علت پایین آمدن فتوسنتز و در نهایت کاهش عملکرد، کاهش می‌یابد (Rezaei and Soltani, 1996).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از مواد بهبوددهنده آلی (اسید هیومیک) و شیمیایی (متانول) در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط کم آبی از طریق بهبود تعداد آکن در گیاه و تعداد دانه در گیاه موجب بهبود عملکرد دانه کاسنی شد، اما در شرایط تنش شدید کم آبی استفاده از مواد بهبوددهنده آلی و شیمیایی تأثیری بر عملکرد دانه نداشت. بیشترین عملکرد دانه کاسنی در تیمارهای آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی متانول و آبیاری مطلوب و کاربرد اسید هیومیک حاصل شد، اما بیشترین کارایی مصرف آب دانه کاسنی از محلول‌پاشی

متانول و در شرایط تنش متوسط کم‌آبی حاصل شد که از افزایش ۴۲/۲ درصدی نسبت به تیمار آبیاری مطلوب و عدم محلول‌پاشی متانول برخوردار بود. لازم به ذکر است که محلول‌پاشی متانول در هر سطح آبیاری منجر به افزایش کارایی مصرف آب دانه گردید. بنابراین، جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه کاسنی می‌توان از تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر و محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول یا کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک در منطقه بیرجند استفاده کرد.

References

1. Amraei, B., Peknezad, F., Ebrahimi, M. A., and Subhaniyan, H. 2017. Effect of methanol foliar application and drought tension on grain yield and growth indices of soybean (*Glycine max* L.). Crop Physiology Journal 9 (34): 111-129. (in Persian).
2. Armand, N., Amiri, H., and Ismaili, A. 2016. The effects of foliar application of methanol on morphological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress condition. Iranian Journal of Field Crops Research 13 (4): 854-863. (in Persian with English abstract).
3. Azimi, F., and Nejatzadeh, F. 2020. Effect of Methanol Spraying on Seed Yield and Mucilage of Flixweed (*Descurainia sophia* L.). Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture) 43 (1): 81-92. (in Persian).
4. Behdani, M. A., and Jami Al-Ahmadi, M. 2011. Response of spring safflower varieties to different irrigation distance in Birjand. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 315-323. (in Persian with English abstract).
5. Chang, W. C., Kim, S. C., Hwang, S. S., Choi, B. K., and Kim, S. K. 2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Science 163: 1161-1168.
6. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.
7. Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M., and Haslam, R. 2004. Expression profiling of the response of Arabidopsis thaliana to methanol stimulation. Photochemistry 65 (16): 2305-2316.
8. Farhadi, A., Daneshvar, M., Eisvand, H., and Nazarian Firoozabadi, F. 2018. Effects of humic acid on morpho-physiological characteristics, yield components and essential oil of *Matiricaria chamomilla* L. under water *deficit stress.* Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 33 (6): 1060-1071. (in Persian).
9. Fazeli Rostampour, M., Yarnia, M., Farokhzadeh Khoee, R., Seghatoleslami, M. J., and Moosavi, G. R. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agronomy Journal 105 (4): 1-9.
10. Foaadeini, M., Seghatoleslami, M. J., and Moosavi, S. G. R. 2015. Effect of water deficit stress on traits of chichory (*Cichorium intybus* L.) in different planting dates. Iranian Journal of Medicinal Aromatic Plants 31 (3): 383-395. (in Persian with English abstract).
11. Ghafori, A., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., and Ebrahimian, E. 2013. Evaluation of growth characteristics of castor bean (*Ricinus communis* L.) affected by organic fertilizers. 605-609 Pp. 8th Congress of Horticultural Sciences, 26-28 August. 2013. Bo Ali Sina University, Hamedan, Iran. (in Persian).
12. Gholami, H., Saharkhiz, M. J., Raouf Fard, F., Ghani, A., and Nadaf, F. 2018. Humic acid and vermicompost increased bioactive components, antioxidant activity and herb yield of Chicory (*Cichorium intybus* L.). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 14: 286- 292.
13. Hatami, H. 2017. The effect of zinc and humic acid applications on yield and yield components of sunflower in drought stress. Journal of Advanced Agricultural Technologies 4 (1): 36-39.
14. Hossinzadeh, S. R., Salimi, A., Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2013. Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dought stress. Iranian Journal of Plant Biology 5 (18): 115-132. (in Persian with English abstract).
15. Janbazi Roodsari, A., Asouri, M., and Amiri, E. 2015. Effect of methanol and nitrogen spraying on yield and yield components of soybeans in Gilan weather conditions. Plant Ecophysiology 7 (20): 1-14. (in Persian with English abstract).
16. Khaled, H., and Fawy, H. A. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Journal of Soil and Water Resource 6 (1): 21-29.
17. Khosravi, A. 2015. Effect of irrigation interval, foliar application of methanol and plant density on morphophysiology traits, yield and yield components of cotton. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Azad University of Birjand, Iran. (In Persian with English abstract).
18. Khosravi, M. T., Mehr Afarin, A., Naghdi Badi, H. A., Haji Aghaei, R., and Khosravi, E. 2011. The Effect of Methanol and Ethanol on yield of Purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) in Karaj Region. Herbal Medicine Journal 2: 121-128. (in Persian).
19. Kulkarni, V. V., Sivakumar, K., Singh, A. P., and Visha, P. 2014. Yield and quality characteristics of rendered

chicken oil for biodiesel production. Journal Oil Chemistry Sociality 91: 133-141.
20. Lack, Sh. 2013. Evaluation of physiological traits effective on seed yield of corn in different irrigation, nitrogen and plant density levels. Crop Physiology Journal 5 (19): 17-33. (in Persian with English abstract).
21. Li, Y., Gupta G., Joshi, J. M., and Siyumbano, A. K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. Journal Plant Nutrition 18: 1875-1880.
22. Mehmood, N., Zubair, M., Rizwan, K., Muhammad Shahid, N. R., and Ahmad, V. U. 2012. Antioxidant, antimicrobial and phytochemical analysis of *Cichorium intybus* seeds extract and various organic fractions. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 11 (4): 1145-1151. (in Persian).
23. Mirhajian, A. 2012. What is humic acid. Agricultural Engineering. 33: 7-16. (in Persian).
24. Moghaddam, M., Narimani, R., Rostami, G., and Mojarab, S. 2017. Studying the Effect of Foliar Application of Methanol and Ethanol on Morphological and Biochemical Characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* c.v. Keshkeni luvelou). Iranian Journal of Field Crops Research 16 (2): 345-354. (in Persian).
25. Mousavi, S., Seghatoleslami, M., Ansarinia, E., and Javadi, H. 2012. The effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency of *Calendula officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 28 (3): 493-508. (in Persian).
26. Moussavi-Nik, S. M., Salari, M., Mobasser, H. R., and Keshavarzi, M. H. B. 2011. The effect of different irrigation intervals and mineral nutrition on seed yield of ajowan (*Trachyspermum Ammi*). Annals of Biological Research 2 (6): 692-698.
27. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.
28. Nasooti, R., Samavat, S., and Tehrani, M. M. 2011. Effects of humic acid fertilizer on plant and soil. Agriculture and Food 101: 53-55. (in Persian).
29. Nourihoseini, S. M., Khorassani, R., Astaraei, A. R., Rezvani Moghadam, P., and Zabihi, H. R. 2016. Effect of different fertilizer resources and humic acid on some morphological criteria, yield and antioxidant activity of black zira seed (*Bunium persicum* Boiss). Applied Field Crops Research 29 (4): 87-104.
30. Omaraei, B., Paknejad, F., Ebrahimi, M., and Sobhanian, H. 2017. Effect methanol spray and drought stress on seed yield and growth indices of soybean. Crop Physiology Journal 9 (34): 111-129. (in Persian with English abstract).
31. Oveysi Omran, M., Zavareh, M., Sefidkon, F., Abaszadeh, B., and Asadi-Sanam, S. 2020. Effects of potassium and brassinosteroid on some morphophysiological characteristics and essential oil yield of *Echinacea purpurea* (L.) Moench under different regimens of water availability Availability. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 36 (1): 40-58. (in Persian).
32. Oveysi, M., and Ghoshchi, F. 2012. Study of humic acid role on reduction of water deficit stress effects on crops. Agriculture and Sustainable Development 43: 12-16. (in Persian).
33. Rahimi, Z., Mozaffari, H., and Hasanpour, D. 2016. Study of the effect of humic acid on irrigation water on yield and yield components of rapeseed. Agronomy and Plant Breeding 12 (1): 95-106.
34. Ramak, P., Khavirenejad, R. A., Heydari Sharifabad, H., and Rafiee, M. 2008. Effect of water stress on photosynthesis and growth factors in two sainfoin species. 10^{th} congress of agriculture and plant breeding. (in Persian).
35. Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A., and Pena-Cortes, H. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. Plant Growth Regulation 25: 30-44.
36. Ramroudi, M., Chezgi, M., and Galavi, M. 2017. Effect of methanol spraying on quantitative traits and osmatic adjustments in Moldavian (*Dracocephlum moldavica* L.) under low irrigation conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 48 (1): 149-158. (in Persian).
37. Ramroudi, M., Rezaei Nia, N., Galavi , M., and Foruzandeh, M. 2017. Study of crop characteristics, flower yield and inulin percentage of Chicory root (*Cichorium intibus*) under the influence of soil fertilizers and drought stress. Journal of Plant Production 24 (4): 129-140. (in Persian with English abstract).
38. Rezaei, A., and Soltani, A. 1996. Potato cultivation (translation). Mashhad University Jihad Publications. (in Persian).
39. Rezaienia, N., Ramroudi, M., Galavi, M., and Fofouzandeh, M. 2017. Effects of Bio-fertilizers on Physiological Traits and Absorption of Some Nutrients of Chicory (*Cichorium intybus* L.) in Response to Drought Stress. Iranian Journal of Field Crops Research 15 (4): 925-938. (in Persian).
40. Safarzade Vishkaei, M. 2007. Effects of methanol on growth and yield of peanut. Ph.D. Desertation. Sciences and Research Unit, Islamic Azad University Tehran, Iran. 232 pp. (in Persian).
41. Salehi, B., Bagherzadeh, A., and Ghasemi, M. 2010. Effect of humic acid on growth, yield and yield components traits of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Agroecology Journal 2 (4): 640-647. (in Persian with English abstract).

42. Samavat, S., and Malakuti, M. 2005. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers Technical 463: 1-13. (in Persian).
43. Sanjari Mijani, M., Sirousmehr, A. R., and Fakheri, B. A. 2015. The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa*). Journal Crop Improvement 17 (2): 403-414. (in Persian with English abstract).
44. Shahani, S., Zakeri, N., Hamzkanlu, N., and Hosseinimehr, S. J. 2015. The Protective Effects of *Cichorium intybus* L. seed Extract against Cell Toxicity Induced by Bleomycin on Human Non-malignant Fibroblast and Ovarian Cancer Cells. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 121: 39-47. (in Persian).
45. Taheri Asghari, M. 2010. Effect water deficit stress on some traits of (*Cichorium intybus* L.) under different plant densities. Crop Ecophysiology 2 (3): 147-155. (in Persian with English abstract).
46. Taheri Asghari, M., Daneshian, J., and Aaliabdi Farahani, H. 2009. Effects of drought stress and planting density on quantity and morphological characteristics of chicory (*Cichorium intybus* L.). Asian Journal of Agricultural Sciences 1 (1): 12-14.
47. Valdrighi, M. M., Pear, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D., and Vallini, G. 1996. Effects of compost derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: a comparative study. Agriculture, Ecosystems and Environment 58: 133-144.
48. Zarei, Gh., Shamsi Mahmoodabadi, H., Tabatabaei, S. A., and Mohtaram, S. A. 2014. Effect of sowing date and plant density on yield of chicory (*Cichorium intybus* L.). Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 104: 136-141. (in Persian with English abstract).
49. Zbiec, I., Karczmarczyk, S., and Koszanski, Z. 1999. Influence of methanol on some cultivated plants. Folia University, Agriculture Stetinensis, Agricultural 73: 217-220.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 1, Spring. 2021, p. 33-47

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۴۷-۳۳

Effect of Irrigation Interval, Humic Acid and Methanol Foliar Application on Morphological Traits, Yield and Yield Components of *Cichorium intybus* L.

S. Gh. Moosavi[1*], H. Javadi[2]

Received: 08-01-2020
Accepted: 06-03-2021

Introduction

Iran with mean annual precipitation of 240 mm is considered located in arid zones of the world. Water deficit reduces plant growth and development by affecting various physiological and biochemical processes. Methanol foliar application is a method which increases crop CO_2 fixation in unit area. Recent investigation showed that C_3 crops yield, and growth increased via methanol spray and methanol may act as C source for these crops. Generally, the major role of this substance is to prevent negative effects of stresses on crops via reduction of photo respiration. The application of organic matters, such as humic substances have inhibitory effects of drought stress by improving the physical and chemical properties of soils, increasing soil water retention and providing the nutrients during plant growth. The objective of the present study was to examine the possibility of increasing water use efficiency and tolerance to water deficit stress by using humic acid and methanol foliar application and also influence of methanol and humic acid application on yield and yield components of *Cichorium intybus* L. under water deficit stress in Birjand, Iran.

Materials and Methods

This research was carried out as factorial split-plot layout based on randomized complete block design with three replications in the research farm of Islamic Azad University of Birjand, Iran in 2015. In this research, irrigation interval was considered as main factor with three levels (irrigation after 70, 140 and 210 mm cumulative evaporation from evaporation pan class A), the factorial of methanol spray at two levels (0 and 21 % V/V) and humic acid at two levels (0 and 10 $L.ha^{-1}$) were considered as sub factor. The texture of the soil in research farm was loam with the pH of 8.2, electrical conductivity of 3.23 $dS.m^{-1}$ whose organic carbon, total N, P, and K content was 0.3%, 0.033%, 6.8 $mg.kg^{-1}$ and 133 $mg.kg^{-1}$ at the depth of 0-30 cm, respectively. All data were analyzed by MSTAT-C statistical software and means were compared by Duncan's Multiple Range Test at 5% level.

Results and Discussion

The results showed that irrigation after 210 mm cumulative evaporation compared to irrigation after 70 mm of cumulative evaporation significantly reduced stem diameter, branch number of main stem and 1000-grain weight by 30.6, 46 and 35.5%, respectively. The means comparison showed that 21% V/V methanol spray significantly increased 1000- grain weight by 15.3%. Also, application of 10 $L.ha^{-1}$ humic acid significantly increased stem diameter, aken number per plant, seed number per plant, 1000- seed weight and water use efficiency by 16.7, 8.9, 10.6, 13.2 and 14.3 % respectively as compared with no application of humic acid treatment. Means comparison of interaction between irrigation and methanol revealed that the highest seed yield (57.2 $g.m^{-2}$) and biological yield (423.4 $g.m^{-2}$) were produced under the treatment of irrigation after 70 mm cumulative evaporation with methanol spray. It seems that although methanol application at irrigation intervals after 70 and 140 mm accumulation evaporation from the evaporation pan increased seed and biological yield but methanol application in severe water deficit stress conditions (irrigation interval of after 210 mm cumulative evaporation) probably due to the reduction in stomatal conductance and absorption, has not been able to change dramatically these traits. Also, means comparison of interaction between irrigation and humic acid indicated that highest seed yield (55.5 $g.m^{-2}$) and biological yield (415.1 $g.m^{-2}$) were produced under the treatment of irrigation after 70 mm cumulative evaporation with humic acid application. Increasing of low water stress in vegetative growth stage reduces the absorption of water and nutrients, chlorophyll content and relative humidity of leaves, thus decreased vegetative growth, leaf photosynthesis and production of assimilate but humic acid application significantly increases chlorophyll index and relative humidity of leaves. Hence the result of these positive effects of humic acid application was the improvement of yield components and seed and biological yields of chicory, even under conditions of water deficit stress. Moreover, means comparison of interaction between

1- Associate Professor, Department of Agronomy, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University (PNU), Iran
(*- Corresponding Author Email: s_reza1350@yahoo.com)

irrigation and methanol showed that the highest water use efficiency for seed production (66.7 $g.m^{-3}$) belonged to treatment of irrigation after 140 mm of cumulative evaporation and methanol application.

Conclusions

Overall, results of this study showed that treatment of irrigation after 70 mm cumulative evaporation with humic acid application or methanol spray could be suggested for chicory cultivation in Birjand, Iran.

Keywords: Aken number, Organic and chemical improvers, Water deficit stress, Water use efficiency